

Az Al-Fe binér híg ötvözet komplex vizsgálatához felhasznált kutatási módszerek összefüggései

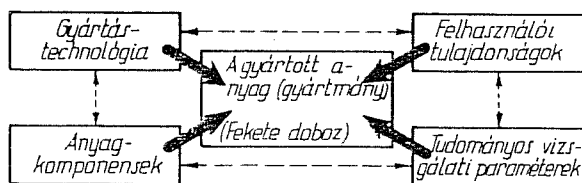
Dr. SZÁSZ ANDRÁS

ELTE TTK Szilárdtestfizikai Tanszék

Országos, átfogó tudományos program keretében, a Művelődési Minisztérium Informatikai Intézetének anyagi támogatásával széleskörű, komplex kutatás folyik az öntészeti alumínium-félgyártmányok tulajdonságainak javítására, a híg alumínium ötvözetekben lezajló folyamatok törvényszerűségeinek tanulmányozására. A jelen cikk igyekszik összefoglalni az alkalmazott kutatási módszer-arsenál leglényegesebb elemeit, összefüggéseit, információ-tartalmát. Megpróbálunk általánosabb érvényű összefüggéseket találni, melyek a hasonló típusú komplex kutatómunka tervezésénél figyelembe vehetők.

Általános anyagvizsgálat

Az anyagtulajdonságok javítását célzó anyagvizsgálat alapfeladata informatikailag egyszerű sémára vezethető vissza (1. ábra). A felhasználás szempontjából a felhasználói tulajdonságok mint végeredmény a fontos; a tudományos kutatás által feltárt paraméterek, a gyártmány (adott felhasználási körben) megfelelő minőségénél lényegtelemek.



Ábra 1

1. ábra Az anyagtulajdonságok javítását célzó anyagvizsgálat alapfeladata.

A közvetlen gyártmányfejlesztési szint sem igényli a tudományos kutatást, hiszen a bemenő paraméterek (gyártástechnológia és felhasznált anyagok) variálásával az eredményként kapott felhasználási tulajdonságok optimalizálhatóak. Probléma csak akkor keletkezik, ha

- a bemenő paraméterhalmaz olyan nagy, hogy a felhasználói tulajdonságok empirikus (az anyagban lezajló folyamatokat nem feltáró, fenomenológikus leírású) beállítása a nagy számú próbálgatás miatt gazdaságtalan, vagy egyszerűen lehetetlen.
- olyan új anyagtulajdonságokat kívánunk ki-

fejleszteni, melyet a jelenlegi felhasználás még nem alkalmaz, holott gazdaságosabb, termelékenyebb; jobb minőségű lenne a termék.

Az ilyen típusú igényeknél a szisztematikus tudományos kutatás elengedhetetlen. Ugyanakkor ez a típusú gyártmányfejlesztés az eddigiéknél jóval bonyolultabb, mert:

- a bemenő paramétereknek egzaktabb kézben tartását, és hatásvizsgálatát igényli,
- feltétlen kapcsolat kidolgozását igényli a vizsgálati paraméterek és a felhasználói tulajdonságok között: vagyis meg kell állapítani, hogy egy adott vizsgálati paraméter (pl. ellenállásváltozás) milyen felhasználói paraméterekkel (pl. mechanikai szilárdság) van kapcsolatban, és mik a kapcsolat törvényszerűségei.

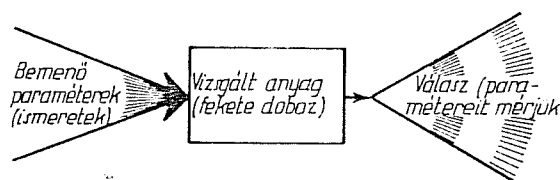
Így tehát az anyag-tudományi kutatás kettős feladatkitűzést és megoldási stratégiát igényel. Ezeket az igényeket részleteiben a témához tartozó cikkek elégítik ki; mi most egy olyan feltételről szólnunk, mely a különböző információtartalmuk összefüggéseit, a lehetőleg ellentmondásmentes anyagfolyamat-kép kialakításának módszereit tartalmazza.

Az anyagvizsgálati módszerek alapvetően két típusra oszthatók:

- felületi tulajdonságok és
- tömbi jelenségek vizsgálatai.

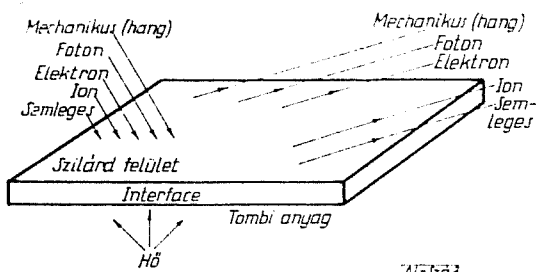
Mindkét vizsgálatcsoport tartalmaz nagyon klasszikus és egészen modern módszereket: így a felületvizsgálat az egyszerű szemrevételezéstől (fotonszórás) a bonyolult nagyberendezést igénylő PIXE vagy SIMS mérésekig terjed, míg a tömbi jelenségek spektionos vezetés vagy diffúziós problémák tanulmányozását is tartalmazza.

Minden módszer alapja, hogy egy adott jelenségkörből vett hatásra adott választ tanulmányozzuk úgy, hogy a hatást kézbe tartjuk, minden paraméterével, a választ széleskörűen mérjük. A bemenő és



Ábra 2

2. ábra Bemenő és kijövő paraméterhalmaz, amely változásaiból következtetni lehet az anyag tulajdonságaira.



3. ábra A lehetséges szondázó és válaszcsepcsek választéka.

kijövő paraméterhalmaz változásából következtetünk a vizsgált anyag tulajdonságaira (2. ábra).

A leggyakrabban használt módszerek bemenő szondázó részecskéit és a válaszként mért részecskéket vázlatosan a 3. ábrán mutatjuk be. Néhány kialakult módszer szokásos rövidítését az 1. táblázatban adjuk meg részleteiben.

Öntészeti problémákhoz kiemelt módszerek

Az öntészeti problémákhoz általunk felhasznált vizsgálati módszerek többféle laboratórium többféle megközelítést jelentik. Jelenségek körük szerint osztályozva ezek a következő módszereket használják;

I. Magfizikai módszerek:

1. — Aktivációs analízis (AA)
2. — Mössbauer effektus (ME)

II. Atomfizikai módszerek:

1. — Elektron-mikroszkópia (EMP)
2. — Lágyröntgen emisszió (SXES)

III. Termodinamikai és transzport módszerek

1. — Differenciál termoanalízis (DTA)
2. — Diffúzió mérés (DP)
3. — Ellenállásmérés (ER)
4. — Termofeszültségmérés (TP)

IV. Optikai módszerek (diffrakció és leképzés)

1. — Fénymikroszkópia (LM)
2. — Transzmissziós elektronmikroszkópia (TEM)
3. — Röntgendiffrakció (XRD)

V. Mechanikai módszerek

1. — Mikrokeménység vizsgálat (μ HV)
2. — Szakítási és törésvizsgálat (MP)
3. — belsősúrlódás mérés (IF)

Az alkalmazott módszerek több szempontból is különböznek egymástól. Alapvetőnek két paramétert kell megkülönböztetnünk, a kémiai-kvantummechanikai kötésiállapotot jellemző, energiajellegű paraméterek vizsgálatát, és a struktúrát-topológiát jellemző, tér jellegű paraméterek tanul-

1. táblázat

A spektroszkópiai módszerek struktúrája és összefüggései

Ki	Fonon, Hang	Foton	Elektron	Ion	Neutrális
Be					
Mechanikai	US	TL	EEF	SIC	FD
Fonon	AE			SI	
	ASW				
Hő	TE	TR	TEE	TIE	MS
Fonon					E
		MMR, M, ATR	PEM		QMS
		XRD, COL	AEM, PED	LMA	LMP
Foton		(S)XFS, ELL	AES	FIM	FIE
		(S)XAS,	(S)XPS	PD	PD
		ESR, EXAFS	UPS		
		LS, SXD,	FEM		
		IRS	(ESCA)		
		(SX)APS	AEAPS		
Elektron		EMP	TEM, SEM		
		(S)XES	AES, SAM	EJID	EJE
		PA	LEED		
			RHEED		
Ion		IMXA	INS	RIBS	
		EIX		SIMS	
		CPINRA		ISS	IS
		CPAA		IMMA	
		(PIXE)		CPINRA	
Neutrális		NIRS	IXMA		AIM
		GDOS	SEE	NAA	MBRS
		NRS, NYY	NAA		NAA
		NGBG			ND

2. táblázat

Az alkalmazott módszerek megoszlása az információtartalom jellege (tér—energia) szerint

N°	Név	Térparaméter	Energiaputer	Jellemző vizsgált információ egység
I. 1.	AA	koncentráció	maggerjesztési nívó	szubatomi
II. 1.	EMP	koncentráció	atomgerjesztési nívó	atomi
I. 2.	ME	rövidtávú rend	kötési finomszerkezet	közvetlen környezet kémiai kötés, stöchiometria
II. 2.	SXES	rövid + hosszútávú rend	kémiai kötés és sáv- szerkezet	kémiai kötés környezeti nem stöchiometriai arányok hatása elektronállapotsűrűség
III. 3. III. 4. III. 2.	ER TP	hosszú hat. táv. rend + speciális clustervizsgálat	elektronszórás folya- matok energiái	Clusterek, precipitátumok és más mikroszkópikus struk- turális egységek transzport- tulajdonságai
III. 2.	DP	clustervizsgálat	anyag- és ionaktivációs energiák	
III. 1.	DTA	mikrokémiai és mik- roszkópikus méretű fázisok	átalakulási hőmennyiségek	fázisok, mint strukturális egységek
IV. 2.	TEM	mikroszkópikus struk- turális egységek	diffrakciós és átvilá- gítási energiafeltételek	kis strukturális egységek
IV. 3.	XRD	mikroszkópos str. egységek	diffrakciós és reflexiós energia	nagyobb strukturális egységek
IV. 1.	LM	mikroszkópikus str. egységek	szin- és térfel- energiapontok	nagy strukturális egységek
V. 1. V. 2.	μ HV MP	nagy vegyes egységek	kohéziós és adhéziós energiák	széles makroszkópikus tarto- mány, makroszkópikus morfológia
V. 3.	IF	széles tartományban változó egységek járuléka	belső mechanikai energiaveszteségek	

mányozását. A módszerek ebből a szempontból is vegyesek, a tisztán energetikai (SXES, elektronállapotsűrűség) méréstől a tisztán geometriai (LM, morfológiai vizsgálat) és a geometriai elhelyezkedés vizsgálatokon belül az anyagkoncentrációról számot adó (AA, koncentrációvizsgálat) viszonylag egyszerű információk lehetőségig terjed a kutatás figyelme. A legtöbb módszer a térbeli és energia jellegű információkat vegyesen tartalmazza, amelynek megoszlását a 2. táblázatban vettük fel.

Talán egységesebb és érdekesebb képet kapunk, ha az információ térség (az a geometriai „térfogat” ahonnan az információt kapjuk) szerint vetjük egybe a módszereket. Ez nem a gerjesztett térfogatot takarja, hanem azt, amelyről a vizsgált paraméterek segítségével információt kapunk. Így az aktivációs analízis (AA) mérés hiába vesz próbát egy nagyobb térfogatból, az atommaggerjesztési információ csak az individuális atomokra lesz jellemző, szinte függetlenül környezetük változásától, vagyis a környezetet kihagyva atomi (vagy szubatomi) szinten ad információt. Az elektronmikroszkóp (EMP) atomgerjesztési azonosítás alapján, lényegében ugyanezt az információt hordozza. A Mössbauer-effektus (ME) már lokális kötésállapotokat (atomi környezetet) is érzékel,

ugyanazzal a maggerjesztő effektussal mint az AA, csak hogy az energiafelbontása lényegesen jobb, ami már lehetővé teszi a finomszerkezetben jelenlévő atomkörnyezeti hatások azonosítását is.

A lágýröntgen emissziós módszer (SXES) az EMP-hez hasonló atomgerjesztést analizálja nagyobb felbontással (lágýabb, a kémiai kötések hordozó elektron-nívók gerjesztésével) és így képes az atomkörnyezet, a rövidtávú rend vizsgálatára. Ez egy a ME-mérésnél tágabb, atom-clusterekre kiterjedő hatások vizsgálata lehet, ami a kötések biztosító elektronszerkezet, esetleg az igen hosszú hatótávolságú rendet hordozó sávszerkezet információi tesznek lehetővé. Ilyen szempontból az AA és ME magfizikai mérések csoportja nagyon hasonló az EMP és SXES mérések csoportjához, úgy hogy az atomi és szubatomi információk, valamint az atomkörnyezeti és cluster-információk lépcsőit tartalmazzák. Természetesen az atomgerjesztések nagyobb hatótávolságú információk szférát hordoznak, mint a maggerjesztési mechanizmusok (3. táblázat).

A fenti gerjesztés-típusú méréseknél jóval hosszabb távú információk szférával rendelkeznek a termodinamikai mérések. A diffúziós vizsgálatok (DP) rövid és hosszútávú rend méréseire egyaránt

A legfontosabb mikroszkópikus gerjesztési spektroszkópiák összefüggései

	Maggerjesztés	Atomi gerjesztés
Atomi és szubatomi Rövidtávú rend, clusterek	AA ME	EMP SXES

alkalmasak. Különösen a vegyülési hajlam kimutatása (rövidtávú rend) koncentrációprofil-analízis (hosszútávú rend) valamint a kristályhibák hatásai adnak lényeges információkat ennél a vizsgálatnál. A differenciál termóanalízis (DTA) alapvetően csak hosszútávú rendet érzékel, és a transzporttulajdonságokkal együtt átfogó képet ad a mikroszkópikus folyamatok és struktúrák összefüggéseiről, hosszútávú hatásairól. Ugyanakkor a fémek transzporttulajdonságmérései a Fermi-felület kö-

rüli állapotok gerjesztésével (megfelelően alacsony hőmérsékleteken) speciális elektronszerkezeti információt is adnak, melyek tehát elektronszerkezetiileg jelentik a hosszútávú rend érzékelését.

A Transzmissziós elektronmikroszkópia (TEM) kisebb strukturális egységek felismerését teszi lehetővé, míg a nagyobb strukturális egységek vizsgálatát röntgendiffrakcióval (XRD) végezzük. A fénymikroszkópos vizsgálatokkal a makroszkópikus morfológia tanulmányozható, melyet a mechanikai mérések jelentős része is kiegészít. Ugyanakkor a szakítási és törésvizsgálatok, valamint a belső sűrűlódás mérés mint a mechanikai vizsgálatcsoport elemei már ismét mikroszkópikus (cluster jellegű) információk szerzésére is alkalmas. Ezekben az információkban jelentős szerepe van a kristályhibáknak, illetve a makroszkópikus struktúráldódásoknak (szemcsehatár, szemcseméret, textúra stb.).

KÖNYVSZEMLE

VEIKI Közlemények 1985

Az erősáramú ipar széles szakmájával foglalkozók már évek óta megszokták, hogy a Villamosenergia-ipari Kutató Intézet, tevékenységének több eseményeit jelző igen jól szerkesztett, szép kivitelű kiadványt ad kézbe. Ugyancsak hagyomány, hogy a kiadványok egyik jelentős fejezete — a Villamosenergia-átvitel — részletesen, több dolgozattal is foglalkozik az alumíniumiparral közösen végzett munkáiról. Ezek a beszámolók egyúttal jelzik azt a szoros együttműködést is, amely évtizedek során kialakult az alumíniumipar és a legfontosabb hazai alumínium felhasználási terület között.

A megjelent 1985. évi kötet híven őrzi a hagyományokat; sőt lehet még jobban erősíti is. A „Villamosenergia-átvitel” fejezet 8 közölt dolgozata közül 5 cikk ismerteti a villamosipari és az alumíniumipari szakemberek együttes munkáival elért műszaki-fejlesztési eredményeket az erősáramú villamosenergia iparban. Ezen belül két munka beszámol az új, anyag- és energia takarékos

alumínium vezetéksodronyok és azok éghajlati valamint mechanikai igénybevételekkel szembeni kedvező tulajdonságairól. További dolgozatok ismertetik az erősáramú szerelvények fejlesztése terén, a Paksi Atomerőmű szerelésekor a fokozott nagyáramú alumínium sínekkel elért kedvező tapasztalatokat, valamint az exportigényeknek is megfelelő kompakt transzformátorállomással szerzett kielégítő eredményekről szóló mondanivalókat.

A Magyar Alumínium olvasótáborának külön öröm, hogy a VEIKI Közleményeiben szereplő villamosipari szakemberek nemcsak ennek a kiadványnak szerzői, hanem nevük lapunk hasábjai-ban is jól ismert.

Reméljük, hogy a több évtizede épített együttműködés még számos további munka során folytatódni fog és gyakran lesz alkalmunk most ismertett VEIKI Közlemények újabb sorozatáról írni.

Ehhez kívánunk az egész villamos szakmának és a VEIKI vezetőségének valamint kutatógárdájának további eredményes munkát.

D. A.